**学号** 1503121831

**西 安 电 子 科 技 大 学**

**专业学位硕士学位论文开题报告表**

|  |  |
| --- | --- |
| **论文题目：** | 手功能康复训练机器人硬件系统的设计与实现 |

|  |  |
| --- | --- |
| **姓 名** | 郭本浩 |
| **学位类别** | 工程硕士专业学位 |
| **领 域** | 计算机技术 |
| **校内导师** | 张彤 |
| **校外导师** |  |
| **学 院** | 计算机学院 |
| **开题日期** | 2017年3月4日 |

西安电子科技大学研究生院制

西安电子科技大学硕士学位论文开题报告要求

一、硕士研究生必须在第三学期末之前进行学位论文开题报告。

二、硕士学位论文的开题报告会由各学院自行组织，硕士研究生必须如实、如期在本学科（领域）或相关学科（领域）范围内公开举行开题报告会，严禁伪造和抄袭开题报告。

三、开题报告结论分为两种：1.通过，按专家意见修改后进行学位论文撰写工作；2.不通过，重新开题。

四、在学位论文开题规定的时间期限内休学的硕士研究生，开题的时间期限相应顺延。

五、开题必须在规定时间内通过研究生学位管理系统申请，本表由系统自动生成，用A3纸张正反套印。

六、表格填写要求：正文字体宋体，字号小四，行间距固定值20磅。

**一、论文概况**

|  |  |
| --- | --- |
| **实习单位名称** |  |
| **实习岗位** |  |
| **实习实践模式** |  |
| **计划实习时间** |  |
| **论文类型** |  |
| **选题来源** | 其他 |
| **中**  **文**  **摘**  **要** | 脑卒中又名脑中风，中风后患者多有偏瘫等后遗症，其中约60%的偏瘫患者存在不同程度的手功能运动障碍。现有康复机器人个体适配性，低往往只关注单一训练模式和四指联动训练，不满足整个手部功能训练需求。本文旨在针对上述问题优化和完善手功能康复训练机器人的设计，使之更好地满足临床康复训练的需求，提升脑卒中患者手功能康复训练的效果。  本文针对机械本体结构的设计以提升个体适配性，同时设计出具有压力自适应反馈控制的手功能康复训练系统。根据真实人手数据，深入研究了人手静态和运动过程中的生物力学特性，优化设计了电机基座、手背板、弧形架等关键部件，使之具备相对位置可调的特性，形成了不会影响原有外骨骼终端牵拉式欠驱动结构的方案。针对临床随动康复模式的需求，在机器人机械本体结构中设计出压力采集装置，使之其在提供传统的机械牵引式的被动训练模式的同时，根据处理来自五个指端压力频率信息和电机提出通过患者指端压力反馈患者运动意图的随动康复训练模式和单次触发康复训练模式。 |

**二、选题依据**

|  |
| --- |
| **（一）选题意义**   脑卒中，为大脑内突然血管破裂或血管堵塞,缺血缺氧,进而脑神经细胞大量死亡而引发的疾病。脑卒中又名脑中风，具有发病率高、死亡率高、复发率高和致残率高的特点。出血性卒中的死亡率较高。城乡合计脑卒中已成为我国第一位死亡原因，也是中国成年人残疾的首要原因，脑卒中具有发病率高、死亡率高和致残率高的特点[1]。  而脑卒中的幸存者中70%-80%会留有偏瘫等运动功能障碍的后遗症，部分后遗症严重的幸存者丧失劳动能力和生活能力[2]。偏瘫又叫半身不遂，是指一侧上下肢、面肌和舌肌下部的运动障碍。脑卒中幸存者运动功能障碍的原因除有中枢神经本身破坏所致的残疾，还有脑卒中急性期处理不当或恢复期康复不当造成的二次损伤[3]。  脑卒中给中国造成的经济负担每年高达400亿元且患病率呈不断上升的趋势，已成为中国严重的社会发展和公共卫生问题[4]。 随着现代科技的飞速发展，机器人技术被引入康复工程领域。康复训练机器人将康复训练可以使患者完成重复康复训练而几乎不需要治疗师的帮助[5]。然而机器人无法像治疗师那样能敏锐觉察患者的运动意图，而运动意图恰恰是脑卒中患者恢复其感觉与运动神经功能的关键[6]，本文提出的使用压力反馈患者运动意图将有助于患者的康复。  **（二）国内外研究现状**  由机器人辅助的神经康复研究是近二十年来生物医学领域研究的热点，就上肢运动功能康复来说，科学家们从早期开始便为脑卒中患者研发了多种肩关节和肘关节康复训练机器人[7]。从2003年起，手功能康复训练机器人陆续出现，其中不乏已经商业化的产品。由于人手本身的复杂性和多功能性，设计一个手功能康复训练机器人相对其它上肢康复训练机器人更有难度。  国外研究现状：  Lambercy等人设计的Haptic Knob[8]属于末端引导式结构，训练时被置于患者手掌内，大拇指和其他四指的伸展距离用编码器控制，拉开范围为30mm-150mm。然而，这种机械结构会限制患者手指的运动范围，比如无法实现完全握拳动作。  Chiri等人设计HANDEXOS有五个独立驱动，每个驱动带有三个随动件，每个随动件的旋转中心分别对应手指的三个关节。掌指关节在滑杆机构的推动下用博登拉线拉动近端指关节和远端指关节。三段指骨上配有压力传感器，滑杆配有应变片，用以判断患者运动意图。虽然这款机器人的机械结构很复杂，却无法适配不同手型。用于驱动的直流电机在上臂处固定，其重量将压迫上臂。  意大利IDROGENET公司[9]推出已商业化的手功能康复训练机器人。它采用气动驱动，需要穿戴手套才能实现训练，体积巨大。德国Festo公司[10]尝试在气动手功能机器人中加入脑电控制功能，机器人的机械手部分需要用3D打印做个性化适配，成本极高。虽然提出用脑电控制机器人的概念，但它并不是为临床脑卒中病人设计，其应用也并没有具体阐述[11]。  国内研究现状  香港理工大学设计的“希望之手”采用五个直流电机分别驱动五根手指，用一个自由度推动掌指关节和远端指关节[12]。除纯被动模式外，它可采集上臂肌电信号触发随动训练模式，并且可以作为辅具在日常生活中使用[13]。然而，这款机器人的机械结构对不同人手的适配性依然不高，手指活动范围有限，且对于处在肌无力软瘫期的脑卒中患者，肌电信号是否可以作为有效的控制信号，以达到精确控制，还有待考虑[14]。  参考文献  [1]王陇德．脑卒中筛查与防治工程:关注动脉硬化的高危因素——探求尽快降低我国脑卒中发病、死亡和伤残之策[J] ．中国医学前沿杂志：电子版，2011，03(3)．  [2]Young BM, Nigogosyan Z, Remsik A, et al. Changes in functional connectivity correlate with behavioral gains in stroke patients after therapy using a brain-computer interface device.[J]. Frontiers in Neuroengineering, 2014, 7:25.  [3]于兑生．偏瘫康复治疗技术图解［M］．北京：华夏出版社，1997：58-59.  [4]Liu L, Wang D, Wong KS, et al. Stroke and stroke care in China: huge burden, significant workload, and a national priority[J]. Stroke; a journal of cerebral circulation, 2011, 42(12):3651-3654.  [5]Gupta A, O'Malley MK. Design of a haptic arm exoskeleton for training and rehabilitation[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2006, 11(3):280-289.  [6]Heo P, Gu GM, Lee SJ, et al. Current hand exoskeleton technologies for rehabilitation and assistive engineering[J]. International Journal of Precision Engineering & Manufacturing, 2012, 13(5):807-824.  [7]Krebs HI, Hogan N, Aisen ML, et al. Robot-aided neurorehabilitation[J]. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering A Publication of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, 1998, 6(1):75-87.  [8]Teo WP, Chew E. Is motor-imagery brain-computer interface feasible in stroke rehabilitation?[J]. Pm & R the Journal of Injury Function & Rehabilitation, 2014, 6(8):723-728.  [9]IDROGENET.Gloreha-Hand rehabilitation glove[EB/OL].[2013-11-01]  [10]Festo AG&CO.New scope for interaction between humans and machines [EB/OL].[2013-11-05]. <http://www.festo.com/cms/en-corp/index.htm．>  [11]Ander RM, Doris B, Massimiliano R, et al. Brain–machine interface in chronic stroke rehabilitation: A controlled study[J]. Annals of Neurology, 2013, 74(1):100-108.  [12]Mukaino M, Ono T, Shindo K, et al. Efficacy of brain-computer interface-driven neuromuscular electrical stimulation for chronic paresis after stroke.[J]. Journal of Rehabilitation Medicine Official Journal of the Uems European Board of Physical & Rehabilitation Medicine, 2014, 46(4):378-82.  [13]Floriana P, Giovanni M, Manuela P, et al. Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery[J]. Annals of Neurology, 2015, 77(5):851–865.  [14]Ang KK, Guan C, Chua KS, et al. A large clinical study on the ability of stroke patients to use an EEG-based motor imagery brain-computer interface.[J]. Clinical Eeg & Neuroscience Official Journal of the Eeg & Clinical Neuroscience Society, 2011, 42(4):253-258. |

**三、研究方案**

|  |
| --- |
| **（一）研究目标**  本项目的主要目的在于研制一种具有较高机械结构个体适配性，提供多种训练模式以满足不同康复时期患者的训练需求，同时利用上位机软件实现与康复训练进行通信、训练模式的选择和实时数据的处理与显示。  **（二）研究内容**  1.上位机控制系统  上位机控制系统通过串口实现与康复机器人的数据传输，操作者可以根据患者的实际情况选择不同的训练方案，在训练过程中可以将患者手指的压力信息和运动范围实时显示出来，并对数据处理进行进一步的分发。   1. 机械本体方案设计   机械本体装置是本项目机器人的具体执行机构，直接与人手接触。机械本体模块设计包括两个方面，机械结构优化设计和控制程序设计。为不同的训练模式提供机械结构基础，而后对关键零件设计，提高机械本体的适配性和舒适性；同时机械本体可以对手指的压力信息和运动位置进行实时的采集并传输到上位机进行进一步的处理。   1. 训练模式适配   对于不同损伤程度的患者或处于不同康复阶段的病人来说，如果只有一种训练方式显然是适应临床需求的。本项目设定机器人可实现三种康复训练模式：被动模式、单次触发模式和随动模式。这三种训练模式的实现依托于控制器的算法。被动训练模式需要控制器根据反馈的电机位置判断反向等信息；单次触发模式要求佩戴者初始状态的压力传感器数据作为启动阈值信号，控制器实时检测佩戴者指端压力，当手指的启动阈值达到时，电机移动，带动手指完成一次单程训练；随动模式可以实时的判断患者当前的运动意图从而控制电机的移动。  **（三）拟解决的关键问题**  本课题研究需主要解决以下几个方面的关键问题  1.上位机与康复训练机器人通过串口通信实时训练模式的选择和训练数据的实时上传，并对实时上传的数据进行处理和转发。  2.机器本体的设计，提高机器本体的适配性和舒适性，同时可以实时的检测患者指端压力和运动范围，以控制电机的移动。  3.针对不同损伤程度或处于不同康复阶段的患者提出三种康复训练方式。  **（四）拟采取的研究方法、技术路线、实验方案及可行性研究**  研究方法  机械结构优化设计以提高患者使用时的舒适性，提供压力采集模块与电机驱动模块，同时采用单片机对康复机器人在训练过程中的控制。上位机程序将对康复训练机器人传递过来的数据进行接收与显示，并完成转发。  技术路线   1. 机械本体模块进行设计，机械结构优化设计和控制程序设计，为不同的训练模式提供机械结构基础。其中手指的部分机械结构采用3D打印技术进行打印，机械本体的控制单元采用STM32单片机进行设计。 2. 采用MFC编写上位机程序，在上位机下达手功能康复机器人的训练指令，并对康复机器人传递的实时数据处理后进行显示和转发。 3. 针对不同损伤程度或处于不同康复阶段的患者提出三种康复训练模式，并对这三种训练模式分别设计出不同的算法实现。   实验方案   1. 收集手功能康复训练资料，利用康复理论专业知识知道手功能康复训练机器人的设计与优化。 2. 学习Stm32的嵌入式开发，以及MFC的界面编程。 3. 选择合适的压力采集装置和电机驱动装置，实现康复机器人的机械本体设计 4. 在被动模式、单次触发和随动模式的训练模式下，提出相应的训练算法。   可行性研究  1.现代康复理论和实践证明，有效的康复训练能够减轻患者功能上的残疾，提高患者的满意度，加速脑卒中的康复进程。  2.康复机器人提供适当的渐进式抗阻训练，进行肌力强化训练，有利于患者康复。  **（五）研究计划及预期取得的研究成果**  2017年1月至2017年3月：初步确定选题，查找论文资料，了解手功能康复训练目前的发展状况，撰写开题报告。  2017年4月至2017年6月：查看文献综述、外文翻译，对相关内容进行深入研究，完成康复训练机器人机械本体的初步设计。  2017年7月至2017年9月：完成康复训练机器人的机械本体优化设计，并实现被动模式、单次触发和随动模式的控制算法。  2017年10月至2018年2月：完成上位机控制系统，结合康复训练机器人实现整个系统。  2018年2月至2018年4月：对整个系统进行测试和优化，总结整理文档，并完成论文的撰写工作。 |

**四、研究基础**

|  |
| --- |
| **（一）已具备的实验条件和研究工作积累**  1.初步完成了康复训练机器人的机械本体设计。  2.手功能康复训练机器人PCB图已设计完成，初步具备嵌入式开发条件。  3.已经提出了初步的模式适配方案，需要做进一步的验证和优化。  **（二）已取得的科研成果**  无 |

**五、指导教师意见**

|  |
| --- |
| 学生郭本浩的选题，紧扣专业方向、紧扣现实，同时对康复医学知识有较深入的了解，有完成选题的能力和条件。  且该生对于所开课题进行了较为详尽的调研，参考了许多文献，最后确定的课题具有一定的实用价值。本课题是学生所学专业知识的延续，符合学生专业发展方向，对于提高学生的基本知识和技能，对于提高学生的研究能力有益。研究方法和研究计划基本合理，难度合适，学生能够在预定时间内完成该课题的设计。  　 同意该课题开题。  校内导师签名：  年 月 日 |
| 校外导师签名：  年 月 日 |

**六、开题报告记录**

|  |
| --- |
| 1. 机械本体设计强调过多，应重点体现算法。   在开题报告中，已经对机械本体设计的介绍进行了简化，着重介绍了机械本体对于患者的适配性。同时对算法部分的介绍进行了深化，重点介绍了模式适配算法和检测患者运动意图算法。   1. 如何检测患者的运动意图   通过安装在机械本上的压力传感器，当患者有运动意图时，压力传感器的数值会发生相应的变化。通过对该数据的分析与处理，得到患者的运动意图。   1. 参考文献格式不规范   已经对参考文献进行了修改，使得参考文献的标号与引用标号统一，同时大量引用了近5年的参考文献。   1. 已取得的工作描述不清   已经对已取得的工作进行了详细的介绍，目前已经完成了机械本体的设计，同时硬件电路图也已经设计完毕，并初步提出了三种不同的适配方案，下一步打算对算法做出进一步的优化和改进。 |

**七、开题报告评语及结论**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **一级指标** | **二级指标** | **评价意见** |
| **论文选题** | 1.选题具有重要的理论意义或实际意义，是直接面向工程或具有探索性的应用课题；  2.国内外研究现状综合全面反映该领域的最新研究成果，归纳总结正确。 | □优秀  □良好  □合格  □不合格 |
| **研究方案** | 1.研究目标明确；  2.整体设想及构架科学合理；  3.研究或设计方法科学合理，关键技术有难度；  4.预期取得的研究成果具有实用性和新技术应用价值，可产生一定的社会效益和经济效益。 | □优秀  □良好  □合格  □不合格 |
| **研究基础** | 具备了较好的实验条件和较为深厚的研究工作积累。 | □优秀  □良好  □合格  □不合格 |
| **进度安排** | 时间安排充裕、合理。 | □优秀  □良好  □合格  □不合格 |
| **开题报告评语及结论**   （开题报告结论分为两种：1.通过，按专家意见修改后进行学位论文撰写工作；2.不通过，重新开题。）  组长签名：  成员签名：  年 月 日 | | |

**注：**填写评价意见时，请在相应评价意见前的“□”中打“√”。